

No English titl available.

Patent Number: DE10045245
Publication date: 2002-03-28
Inventor(s): GERHARD DETELEF (DE)
Applicant(s): SIEMENS AG (DE)
Requested Patent: ☐ DE10045245
Application Number: DE20001045245 20000913
Priority Number(s): DE20001045245 20000913
IPC Classification: G01M11/00; G02B21/06; G01N21/95
EC Classification: G01N21/95A, G02B21/00M3, G02B21/00M4
Equivalents: ☐ WO0223172

Abstract

The invention relates to a device (1) for optically inspecting a surface of an object (10), comprising a line camera (5) and an illuminating system with near-laser radiation which is allocated to the microscope lens system (2).



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Off nl gungsschrift**
⑩ **DE 100 45 245 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 01 M 11/00
G 02 B 21/06
G 01 N 21/95

②① Aktenzeichen: 100 45 245.0
②② Anmeldetag: 13. 9. 2000
④③ Offenlegungstag: 28. 3. 2002

DE 100 45 245 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Gerhard, Detelef, 81739 München, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

DE 30 05 645 C2
DE 199 03 486 A1
DE 196 07 880 A1
EP 05 27 242 A1

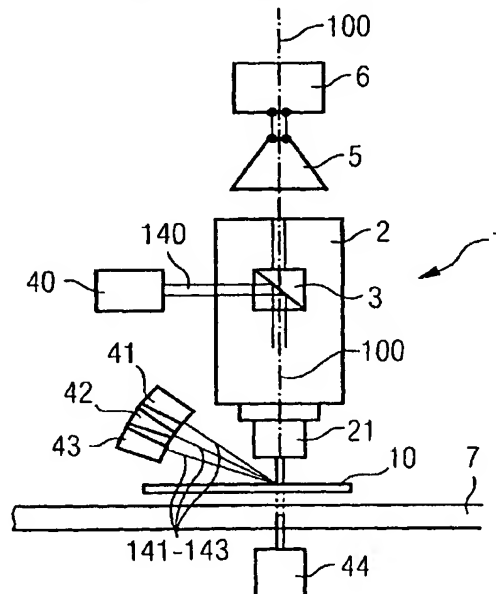
DE-Buch: Lexikon der Optik, H. Haferkorn, Hrsg.
Hanau: Dausien, 1988, S.181,182 und 271;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Einrichtung für optische Inspektion einer auf Defekte hin zu prüfenden Oberfläche eines Objekts

⑤⑦ Einrichtung (1) für optische Inspektion einer Oberfläche eines Objekts (10) mit einer Zeilenkamera (5) und mit einem der Mikroskopoptik (2) zugeordneten Beleuchtungssystem mit lasernaher Strahlung.



DE 100 45 245 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung und auf ein Verfahren zur optischen Inspektion zum Feststellen, ob die Oberfläche eines Objekts, insbesondere eines Halbleiter-Wafers, Defekte aufweist.

[0002] Im Rahmen der automatischen Fertigung von industriellen Bauteilen, insbesondere von Halbleiterbauteilen und/oder von für diese zu verwendenden Halbzeugen, hat eine zuverlässige Qualitätskontrolle einen außerordentlich hohen Stellenwert. Zum Beispiel ist dies der Fall bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen und den dort als Halbzeuge zu verwendenden Wafern. Diese Wafer müssen zumindest im Bereich ihrer Oberfläche frei sein von nach z. B. einem Sägeprozeß möglicherweise aufgetretenen Muschelausbrüchen und frei sein von auf der Oberfläche oder in dieser vorhandenen Partikeln und dergleichen. Wichtig ist, dass für eine derartige Qualitätskontrolle, durch z. B. optische Inspektion, zu verwendende Einrichtungen und Verfahren möglichst wenig die Fertigungsorganisation stören und in diese integrierbar sind.

[0003] Je nach Größe der Oberfläche eines zu prüfenden Objekts sind bereits Verfahren bekannt. Ein solches ist z. B. eine manuelle Sichtprüfung der Oberfläche des Objekts mit schräg einfallendem Licht, das in Art einer taumelnden Bewegung der Einfallsrichtung auf diese Oberfläche auffällt. Es kann auch eine vorzugsweise automatisch arbeitende Inspektion mit Hilfe einer Zeilenkamera ausgeführt werden, wobei über die Oberfläche hinweg diese abgescannt wird. Die Pixelanzahl einer solchen Zeile und die Bildbreite ergeben die erreichbare Pixelauflösung je Zeileneinheit. Das Maß dieser Auflösung liegt typischerweise bei 40 µm.

[0004] Bekannt ist auch die automatische Inspektion, bei der mit einer zweidimensional auflösenden Kamera die zu prüfende Oberfläche des Objekts abgescannt wird. Variationen der dabei notwendigerweise angewendeten Beleuchtung der Oberfläche ermöglichen, unterschiedlich hohe Auflösung zu erreichen. Es ist auch bekannt, mittels eines Strahles mit Laserlicht die Oberfläche eines Objekts derart abzutasten, dass Objekt und Laserstrahl mit hoher Geschwindigkeit relativ zueinander bewegt werden.

[0005] Das für eine automatische Inspektion von Waferoberflächen noch als aussichtsreichste angesehene Verfahren des Standes der Technik ist die Inspektion mit einer zweidimensional auflösenden Kamera.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine speziell für Fertigungsprozesse verwendbare, ausreichend schnell und zuverlässig arbeitende Einrichtung anzugeben, mit der die zu prüfende Oberfläche eines Objekts mit ausreichend hoher Auflösung zu prüfen ist. Insbesondere soll die als Lösung der Aufgabe anzugebende Einrichtung derart aufgebaut sein, dass die zeitlichen Intervalle zwischen notwendigerweise durchzuführenden Überprüfungen und Wartungsarbeiten sowie eventuellen Neu- oder Nachjustierungen möglichst groß sind, dass dadurch bedingte Unterbrechungen des fortlaufenden Fertigungsprozesses der z. B. Halbleiterbauteile möglichst selten hinzunehmen sind.

[0007] Die Lösung dieser Aufgabe gewährleistet eine Einrichtung gemäß der Lehre des Patentanspruches 1 sowie das Betriebsverfahren einer solchen Einrichtung. Weiterbildungen dieser Lehre gehen aus den jeweiligen Unteransprüchen hervor.

[0008] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass zur optischen Inspektion einer auf Defekte hin zu überprüfenden Oberfläche eines Objekts, z. B. einer Waferscheibe, eine solche Einrichtung besonders geeignet ist, mit der diese Oberfläche zeilenweise, zeitgleich einzeln oder auch mehrzeilig mittels einer entsprechenden, an sich bekannten Zei-

lenkamera abgescannt wird. Eine solche Zeilenkamera ist hier ein Anteil eines Messkopfes mit dazu einer Mikroskop-Optik, diese angeordnet zwischen der Kamera und dem Objekt. Ein Positionierungssystem dient zur Ausführung wahlweiser Bewegungen von Objekt und Messkopf relativ zueinander. Hinzu kommt ein besonders ausgestaltetes Beleuchtungssystem. Dieses Beleuchtungssystem ist für wahlweise Hellfeld-, Dunkelfeld- und/oder Durchlicht-Betrieb angepaßt ausgeführt und in der erfindungsgemäßen Einrichtung an jeweils vorzuziehender Stelle justierbar angeordnet. [0009] Hervorzuheben ist bei der erfindungsgemäßen Einrichtung, dass ihr Beleuchtungssystem in besonderer Weise ausgebildet ist.

[0010] Im Stand der Technik sind Beleuchtungssysteme mit, nämlich wegen der erforderlich hohen Intensität der Beleuchtung, Halogenlampen verwendet worden. Diese haben aber eine relativ kurze Lebensdauer. Sie müssen daher von Zeit zu Zeit ersetzt werden. Wegen der hohen Genauigkeitsanforderungen ist bloßes Auswechseln der Halogenlampen unzureichend, denn zwangsläufig sind damit zeitraubende Nachjustierungen erforderlich, die dementsprechend den Ablauf von Fertigungsprozessen stören. Bei der vorliegenden Erfindung ist ein Beleuchtungssystem vorgesehen, das als Lichtquelle wenigstens eine Lichtemittierende Halbleiterdiode hat. Diese ist jedoch so ausgebildet und betrieben, dass sie lasernahes Licht aussendet. Lasernahes Licht ist definitionsgemäß solches Licht, dessen spektrale Verteilung innerhalb eines engen Wellenlängenbereiches $\Delta\lambda = \pm 1/20 \lambda$ liegt, mit λ gleich der Wellenlänge des Lichts. Der Austrittswinkel der Strahlung aus der Lichtaustrittsfläche des Halbleiterkörpers der Halbleiterdiode liegt in einem Bereich kleiner/gleich $\pm 10^\circ$, wobei der Wert der Lichtintensität an den Grenzen des Austrittswinkels gleich der halben Intensität des Intensitätsmaximums in der Mitte des Austrittsstrahls ist. Dieses lasernahe Licht ist somit Licht, das in einem Anregungsbereich liegt, der schon nahe dem Bereich der stimulierten Emission der Laserstrahlungserzeugung liegt. Im Fall mehrerer Halbleiterdioden in der Lichtquelle des Beleuchtungssystems der Erfindung sind diese Dioden in einem sich wenigstens eindimensional erstreckenden Array angeordnet, können also in einer Linie oder über eine Fläche hinweg verteilt als Array angeordnet sein. Wie schon angedeutet, hat ein solches Beleuchtungssystem eine Betriebsdauer von mindestens mehreren Tausend Stunden, so dass die obenerwähnten Wartungsintervalle, gemessen an sonstigen Wartungsintervallen einer Produktionseinrichtung praktisch keine Rolle mehr spielen und deshalb zeitliche Ausfälle auch wegen erforderlicher Justierungen entfallen.

[0011] Das erfindungsgemäß verwendete Beleuchtungssystem kann für Hellfeld-, Dunkelfeld- und auch für Durchlicht-Betrieb des für die optische Abbildung verwendeten Mikroskops benutzt werden. In der Einrichtung können ein oder mehrere mit Halbleiterdiode mit lasernahem Licht ausgerüstete Beleuchtungssysteme vorgesehen und angeordnet sein. Mit dem erfindungsgemäß vorgesehenen Beleuchtungssystem können alle klassischen Beleuchtungsaufbauten und -arten realisiert werden. Hierzu sei auf die Erläuterungen zu weiteren Ausführungsformen und die Fig. 1 verwiesen.

[0012] Vorzugsweise ist die Mikroskop-Optik der Einrichtung mit insbesondere in Revolverkopfanordnung vorgesehenen Objektiven ausgerüstet. Wie bekannt können diese Objektive durch Drehen des Revolverkopfes in den Strahlengang des Mikroskops eingeschwenkt werden. Für die bekannte Hell- und Dunkelfeld-Beleuchtung durch das Mikroskop hindurch enthält dieses einen wie bekannten Strahlteiler. Wie ebenfalls bekannt, wird Hellfeld-Beleuchtung mit Hilfe des im Mikroskop vorhandenen Strahlteilers

bei mit der optischen Achse des Mikroskops coaxialer Ausrichtung der Beleuchtungsstrahlung erreicht. Bei außeraxialem Verlauf der Beleuchtungsstrahlung im Mikroskop ergibt dies die bekannte Dunkelfeld-Beleuchtung. Additiv und oder alternativ kann auch außerhalb des Mikroskops schräge Beleuchtung mittels eines erfindungsgemäßen Beleuchtungssystems vorgesehen sein, nämlich in einem, bezogen auf das Mikroskop, von dessen optischer Achse abweichenden Einstrahlwinkel direkt auf die zu prüfende Stelle der Oberfläche des Objekts. Dies ergibt bekanntermaßen eine Dunkelfeld-Beleuchtung für den Mikroskopbetrieb.

[0013] Beleuchtung gemäß dem Durchlicht-Verfahren erfolgt in wie an sich bekannter Weise.

[0014] Die Beleuchtungsintensität des erfindungsgemäßen Beleuchtungssystems kann steuerbar eingestellt werden. Insbesondere kann Regelung der Konstanz der Lichtintensität vorgesehen sein. Die Intensität kann bei vorgesehenen mehreren Licht emittierenden Halbleiterdioden durch geregelten Diodenstrom erreicht werden. Insbesondere läßt sich durch Einschalten einzelner oder einzelner Gruppen von Halbleiterdioden des Beleuchtungssystems der Leuchteinstrahlwinkel innerhalb der durch den Aufbau des Beleuchtungssystems gegebenen Grenzen schaltbar variieren. Es können z. B. zeilenweise Halbleiterdioden eines mehrzeiligen Arrays ein- und ausgeschaltet werden, wodurch innerhalb des Beleuchtungssystems eine Änderung des Winkels des in diesem System verlaufenden Strahlenganges auftritt und entsprechend genutzt werden kann.

[0015] Fig. 1 zeigt in Prinzipdarstellung den Aufbau einer erfindungsgemäßen Einrichtung.

[0016] Fig. 2 zeigt auf eine Ebene projiziert den Strahlenverlauf, ausgehend von dem erfindungsgemäßen Beleuchtungssystem auf die Oberfläche des Objekts auf der Projektionsebene und weiter in die Zeilenkamera.

[0017] Die erfindungsgemäße Einrichtung ist in Fig. 1 mit 1 bezeichnet. Sie umfaßt mit 2 bezeichnet das Mikroskop mit seiner Mikroskopoptik. Es kann dies ein Mikroskop des Standes der Technik sein. In dem Mikroskop 2 ist ein wie bekannter Strahlteiler 3 vorhanden. Mit 40 ist ein Beleuchtungssystem der Art der Erfindung bezeichnet. Mit 41 bis 43 sind weitere fakultativ (z. B. auch anstelle des Systems 40) vorgesehene Beleuchtungssysteme nach Art der Erfindung bezeichnet. Mit 5 ist eine Zeilenkamera, mit 6 eine Auswerteeinrichtung und mit 7 ein Positioniersystem jeweils hier beschriebener Art und z. B. nach Art des Standes der Technik bezeichnet. Vorzugsweise umfaßt das Mikroskop 2 auch mehrere Objektive in einem Revolverkopf 21 nach Art des Standes der Technik. Die vom Beleuchtungssystem 40 ausgesandte lasernahe Strahlung 140 tritt seitlich in das Mikroskop 2 ein und wird im Strahlteiler 3 parallel zum abbildenden Strahlengang des Mikroskops auf die Oberfläche des Objekts 10 abgelenkt. Dies entspricht der bekannten Hellfeld-Beleuchtung. Dunkelfeld-Beleuchtung, vorzugsweise hellfeldnahe Dunkelfeldbeleuchtung, wird erreicht, wenn diese im Strahlteiler 3 abgelenkte Strahlung 140 im Winkel zur Achse 100 der Optik des Mikroskops auf die zu prüfende Oberfläche des Objekts 10 auftreffen. Mit den Beleuchtungssystemen 41 bis 43, deren emittiert lasernahe Strahlungen 141 bis 143 schräg, und zwar wie ersichtlich in verschiedenen wahlweisen Winkeln auf die Oberfläche des Objekts 10 auftreffen, kann ebenfalls Dunkelfeld-Beleuchtung für das Arbeiten mit dem Mikroskop 2 bewirkt werden. Mit 144 ist die lasernahe Strahlung des für Durchlicht-Arbeiten vorgesehenen Beleuchtungssystems 44 bezeichnet. Bei, bezogen auf die Achse 100 des Mikroskops 2 schrägem Einfall (nicht dargestellt) dieser Strahlung 144 ist wiederum Dunkelfeld-Beleuchtung des Objekts bewirkt. Für das Arbeiten mit Durchlicht ist eine solche Lichtwellenlänge, z. B.

im Infrarot-Bereich, zu wählen, für die das Objekt wenigstens weitgehend lichtdurchlässig ist.

[0018] Die Fig. 2 zeigt das erfindungsgemäß vorgesehene und ausgestaltete Beleuchtungssystem 40. Um eine wie für die Erfindung vorgesehene ein- bzw. parallel mehrzeilige Beleuchtung der mit der Darstellungsebene zusammenfallenden Oberfläche des Objekts 10 zu erreichen, ist eine an sich bekannte zylindrisch-optische Einrichtung bzw. Linse 20 vorgesehen. Diese weitet die aus dem Beleuchtungssystem austretende Strahlung 140 zu der dargestellten und beschriebenen beleuchteten Zeile 240 auf. Mit einem entsprechenden optischen Linsensystem 120 kann auch ein zweidimensionales Array angeordneter strahlender Halbleiterdioden zu einer beleuchteten Zeile 240 auf dem Objekt 10 optische abgebildet werden. Bei (mittels des Positionierungssystems 7 auszuführenden, fortlaufenden) Verschiebens, angedeutet durch den Doppelpfeil 17 des Objekts 10 gegenüber dem Ort der z. B. linienförmigen Zeile 240 der Strahlung 140 des Beleuchtungssystems 40 erfolgt ein Abscannen der in der Fig. 2 angedeuteten Oberfläche des Objekts 10. Mit L ist die Länge der beleuchteten Zeile bezeichnet, die gleich der Breite des augenblicklich mit der erfindungsgemäßen Einrichtung überprüften Oberflächenanteils des Objekts 10 ist.

[0019] Mit 340 ist die Licht- bzw. Strahlungs-emittierende Halbleiterdiode des jeweiligen Beleuchtungssystems bezeichnet. Diese Halbleiterdiode wird durch entsprechend bemessene Stromspeisung so betrieben, dass sie im angegebenen, bzw. oben definierten, Bereich der Emission lasernahe Strahlung arbeitet. Damit ist bereits eine extrem starke Bündelung der emittierten Strahlung erreicht, aber noch das Auftreten eines Granulationseffekts im Beleuchtungsfeld der Strahlung vermieden, nämlich wie dies infolge Auftretens von Interferenzen innerhalb echter kohärenter Laserstrahlung der Fall ist. Die bei der Erfindung benutzte lasernahe Emission ist eine in sich noch inkohärente Lichtstrahlung.

[0020] Die Auswertung des von der Kamera 5 jeweils aufgenommenen Bildes erfolgt in der Auswerteeinrichtung 6 nach an sich bekanntem Prinzip. Die zu verwendende Kamera ist vorzugsweise eine CCD-Zeilenkamera.

[0021] Mit Hilfe der erfindungsgemäß vorgesehenen Laserbeleuchtung bzw. Laser-nahen Beleuchtung wird somit eine Lichtlinie oder werden fakultativ mehrere nahe beieinander liegende parallele Lichtlinien auf der Oberfläche des Objekts 10 erzeugt. Eine solche Lichtlinie kann in der Praxis bis zu $L = 300$ mm lang sein, nämlich z. B. für Makroinspektion. Für mikroskopische Aufnahmen empfiehlt es sich, diese Länge der Lichtlinie nur auf wenige Millimeter zu bemessen. Insbesondere wegen der wenigstens Laser-nahen Eigenschaft, scharfe Bündelung in Richtung der Breite b der Zeile 240, des erfindungsgemäß verwendeten Lichtes der Beleuchtungssysteme 40 bis 44 kann erreicht werden, dass die -Breite der Lichtlinie, dieses Maß ist für die Auflösung wichtig, kleiner als . . . bemessen werden kann.

[0022] Vorzugsweise ist für eine erfindungsgemäße Einrichtung ein Positioniersystem für die Kamera, insbesondere für eine verwendete eindimensional aufnehmende Zeilenkamera, vorgesehen.

[0023] Eine wie hier zu verwendende Zeilen-Kamera kann z. B. eine solche mit einem eindimensionalen CCD-Array sein.

Patentansprüche

- Einrichtung (1) für optische Inspektion einer auf Defekte hin zu prüfenden Oberfläche eines Objektes (10) mit einer Kamera (5) mit wenigstens einer optisch

bildaufnehmenden Zeile, einer Mikroskop-Optik (2), angeordnet zwischen der Kamera (5) und dem Objekt (10), einem Positionierungssystem (7) zur Positionierung des Objekts (10) und zur Ausführung wahlweiser Bewegung (17) relativ zueinander von Objekt (10) und Mikroskop-Optik (2) zwecks Scannens der Oberfläche des Objekts (10) und wenigstens einem Beleuchtungssystem (40–44), das für vorgebar Hellfeld-, Dunkelfeld- und/oder Durchlicht-Betrieb in der Einrichtung (1) justierbar angeordnet ist, wobei ein solche Beleuchtungssystem (40–44) so ausgebildet und derart justierbar angeordnet ist, dass mit diesem ein wenigstens eine Zeile umfassendes Flächenelement ($L \times b$) auf der Oberfläche des wahlweise positionierbaren (17) Objekts (10) zu beleuchten ist und wobei das Beleuchtungssystem (40–44) eine Lichtquelle zur Aussendung einer Strahlung (140–144) mit wenigstens lasernahem Licht ist, wobei die dieses Licht erzeugende Quelle wenigstens eine in dem Beleuchtungssystem angeordnete Licht emittierende Halbleiterdiode (340) ist, wobei mehrere solcher Halbleiterdioden in einem sich wenigstens eindimensional erstreckenden Array zueinander positioniert angeordnet sind.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein jeweiliges Beleuchtungssystem (40–44) für Hellfeld-, Dunkelfeld- und/oder Durchlicht-Mikroskopbetrachtung in dazu ausgewählt angepaßtem Winkel zur optischen Achse (100) des Mikroskops (2) angeordnet ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (1) mit mehreren unterschiedlich ausgerichteten Beleuchtungssystemen (40–44) ausgerüstet ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Mikroskop (2) mehrere Objektive (21) hat, die an einem Revolverkopf angeordnet sind.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass für Konstanz der Lichtintensität der Beleuchtung eine Regelung des Speisestroms des/der Beleuchtungssysteme (40–44) vorgesehen ist.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Positioniersystem für die Kamera (2) vorgesehen ist.

7. Verfahren zum Betrieb einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass für den Wechsel zwischen Hellfeld-, Dunkelfeld- und/oder Durchlicht-Betrieb das jeweilige Beleuchtungssystem (41–44) aktiviert wird.

8. Verfahren zum Betrieb einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass durch Auswahl jeweils eines der vorgesehenen Beleuchtungssysteme (40–44) der Lichteinstrahlwinkel eingestellt wird.

9. Verfahren zum Betrieb einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass Hell- oder Dunkelfeld-Betrieb mittels Beleuchtung durch den Strahlteiler (3) im Mikroskop (2) hindurch bewirkt wird.

- Leerseite -

FIG 1

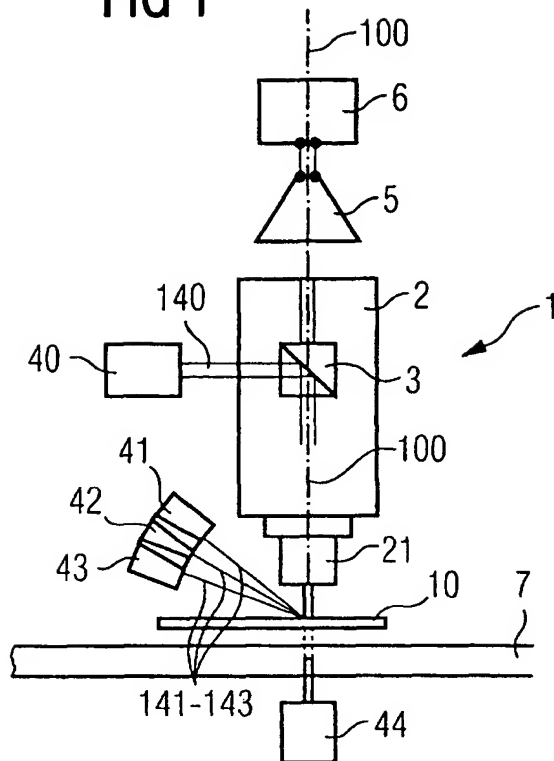


FIG 2

